



УДК 622.245.73

НАДІЙНІСТЬ ПРОТИВИКИДНОГО ОБЛАДНАННЯ – ВАЖЛИВИЙ ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ТА ОСВОЄННІ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Ю. Мосора¹, І. Костриба¹, М. Бембенек²

¹ Кафедра нафтогазового обладнання, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна

² Кафедра виробничих систем, Гірничо-металургійна академія ім. С. Сташиця, Краків, Польща

*Відповідальний автор: e-mail yuramosora@gmail.com, тел. +380958601575

RELIABILITY OF BLOWOUT EQUIPMENT – AN IMPORTANT FACTOR IMPROVING SAFETY IN THE CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT OF OIL AND GAS WELLS

Y. Mosora¹, I. Kostryba¹, M. Bembenek²

¹ Department of Petroleum and Gas Equipment, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

² Department of Manufacturing Systems, AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland

*Corresponding author: e-mail yuramosora@gmail.com, tel. +380958601575

ABSTRACT

Purpose. To characterize the modern technical level of annular preventers and to form basic directions for increasing their reliability.

Methods. This work is decisive and is based on the analysis of industrial information, own considerations, requirements of normative documents in force in the oil and gas industry and other literary sources concerning blowout equipment.

Findings. The conditions of operation of annular preventers are analyzed, the main factors influencing their reliability are formed.

Originality. A number of scientific and technical problems related to the design, manufacturing and operation of annular preventers have been made, the main directions of increasing their operational reliability have been formed.

Practical implications. The fulfillment of the above-mentioned tasks will enable to raise the level of fountain safety during the construction, development and workover of oil and gas wells.

Keywords: blowout equipment, reliability, annular preventer, sealing

1. ВСТУП

Перспективи розвитку нафтової та газової промисловості цілком і повністю залежать від результатів спорудження, експлуатації та ремонту свердловин. Актуальною є проблема забезпечення і підвищення фонтанної безпеки.

Аналіз показує, що в більшості випадків до відкритого фонтанування призводять порушення технології спорудження та ремонту свердловин, низька якість герметизуючих елементів устьового та противикидного обладнання та його монтажу. На етапах спорудження, освоєння та ремонту нафтових і газових свердловин їх устя повинно бути обладнане

надійним противикидним обладнанням (ПВО), що гарантує герметизацію свердловини в передаварійній ситуації та є останнім рубежем захисту від відкритих фонтанів. В сучасних умовах ефективність запобігання та ліквідації газонафтоводопровів (ГНВП) залежить від двох визначальних чинників – надійності устьового та противикидного обладнання і об'єктивного контролю технологічних параметрів процесу спорудження та ремонту свердловини.

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

На сьогоднішній день чинні Правила безпеки в нафтогазовидобувній промисловості України

(НРАОР 11.1-1.01-08) вимагають обов'язкового глушіння перед ремонтом усіх свердловин з пластовим тиском, що перевищує гідростатичний і свердловин, у яких зберігаються умови фонтанування або газонафто-водопроявів при пластових тисках нижчих від гідростатичного.

Крім того, устя свердловини повинне бути обладнане противикидним обладнанням згідно встановлених схем (ГОСТ 13862-90). Превентори превенторного блоку комплексів ПВО перекривають устя свердловини як при наявності в ній колони труб, так і при її відсутності в процесі спорудження або ремонтів, тим самим попереджаються викиди. Через маніфольд ПВО з регульованим тиском у свердловину подаються або з неї виходять флюїди (промивна рідина, продукція свердловини, тощо).

Типові схеми встановлюють мінімальне число необхідних складових частин превенторного блоку і маніфольду, які можуть доповнюватись і змінюватись відповідно до конкретних умов спорудження або ремонту свердловини. Схеми компоновки превенторної установки регламентуються стандартом ГОСТ 13862-90, стандартами організацій України (СОУ) та іншими

нормативно-технічними документами. Відхилення від стандартних схем, розширення і доповнення передбаченого ними переліку обладнання обов'язково погоджуються з місцевими органами Держпраці України та спеціалізованими аварійно-рятувальними службами.

Одна із типових схем обв'язки устя свердловини зображена на рис. 1.

Маніфольд являє собою систему трубопроводів, з'єднаних за певною схемою і обладнаних необхідною арматурою. Складається маніфольд з двох ліній (дроселювання і глушіння), які конструктивно виконані у вигляді блоків, з'єднаних з превенторним блоком магістральними лініями. В маніфольд входять: засувки з ручним і гідравлічним керуванням, дроселі з ручним і гідравлічним керуванням, зворотні клапани, гасителі потоку, манометри з запірним і розрядним пристроями та розділювачем середовищ. Блок дроселювання направляє потік рідини на сепаратори чи трапно-факельну установку, а блок глушіння може швидко з'єднуватись з викидними лініями насосних установок. Обидві лінії можуть працювати на прямий скид.

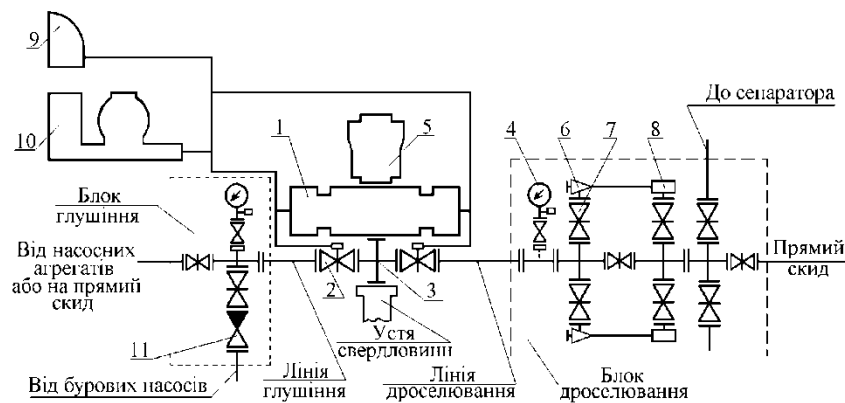


Рисунок 1. Типова схема обв'язки устя свердловини

1 - плашковий превентор; 2 - засувка з гідравлічним керуванням; 3 - устєва хрестовина; 4 - манометр; 5 - універсальний превентор; 6 - регульований дросель з ручним керуванням; 7 - засувка з ручним керуванням; 8 - гасник потоку; 9 - допоміжний пульт; 10 - станція гідравлічного керування; 11 - зворотній клапан

Основним елементом, що входять до комплексу ПВО, є превенторний блок, до складу якого входять різноманітні відомі наданий час пристрої для герметизації устя свердловини: плашкові та універсальні превентори, оберткові превентори, дивертори, тощо (Kostryba, I., & Shostakivskyi, I. (2014). Основним вузлом вказаних пристроїв є вузол ущільнення, конструктивні особливості якого визначають тип превентора, його функціональні можливості, довговічність та надійність.

За останні роки широкого використання набули універсальні превентори, які стали виконувати функцію основного елементу контролю над свердловиною в процесі ліквідації нафтогазо-проявлення. Цей факт пояснюється широкими функціональними можливостями вузла ущільнення універсальних превенторів, який дає можливість:

- загерметизувати свердловину за наявності в ній трубної колони будь-якого діаметра і форми перерізу труб (круглої, квадратної, шестигранної);
- загерметизувати свердловину за відсутності в ній трубної колони (повне закриття превентора);
- проводити спуск-підйом трубної колони при закритому превенторі і наявності тиску в свердловині;
- повертати в разі необхідності загерметизовану трубну колону.

Конструкція універсального превентора показана на рис. 2. Основні деталі превентора: корпус 3, кришка 1, конічний плунжер 4, ущільнювач 2. Превентор працює таким чином. При нагнітанні під тиском робочої рідини в камеру А для закриття превентора плунжер 4 піднімається вгору і своєю конічною поверхнею обтискає ущільнювач, який, деформуючись у радіальному напрямку, герметизує

трубну колону або за відсутності колони повністю перекриває прохід превентора. При нагнітанні робочої рідини в камеру **Б** відкриття превентора плунжер опускається вниз, витісняючи робочу рідину

з нижньої камери **А**, через зливну лінію системи гідрокерування. При цьому ущільнювальний елемент розтискається і набуває початкової форми.

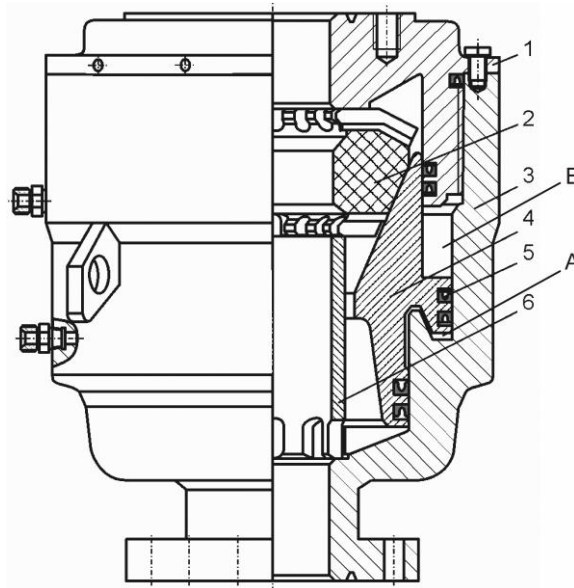


Рисунок 2. Універсальний превентор

1 – кришка; 2 – ущільнювальний елемент; 3 – корпус; 4 – плунжер; 5 – манжета; 6 – втулка

Основним елементом універсального превентора є гумометалевий ущільнювач, який представляє собою масивне кільце складної конфігурації (рис.3). Арматура надає ущільнювачу жорсткості, зменшує витискання гуми і забезпечує її радіальну деформацію. Елементи арматури – завулканізовані ребристі сталеві вставки, які обмежують витискання гуми в осьовому напрямку і забезпечують її радіальне переміщення при закритті превентора. Вставки виконані у вигляді двотаврової конструкції, що має верхню і нижню сегментні полицки, з'єднані між собою стержнем прямокутного перерізу.

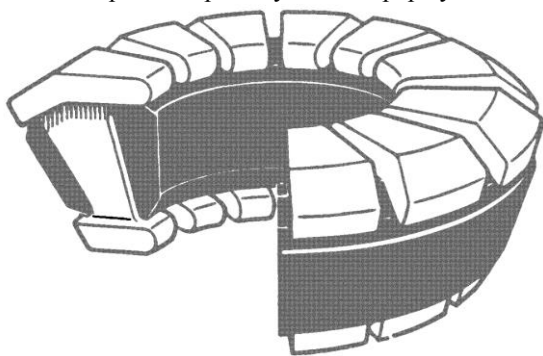


Рисунок 3. Ущільнювач універсального превентора

Виробники універсальних превенторів практикують виготовлення ущільнювальних елементів з гум, як на основі натурального, так і синтетичних (нітрильних, неопренових та ін) каучуків. Основні фактори, що впливають на вибір ущільнювального елемента – це температура експлуатації превентора, тип промивальної рідини (водна чи нафтова основа).

Процес герметизації труби превентором можна умовно розділити на два етапи: перший – обтискання

ущільнювального елемента з метою його радіальної деформації до моменту створення контакту між трубою і внутрішньою поверхнею ущільнювального елемента; другий – додаткове обтискання ущільнення з метою створення необхідного для герметизації контактного тиску між трубою і ущільненням.

Умови роботи противикидного обладнання, зокрема і універсального превентора, надто складні. Враховуючи операції, що проводяться на свердловині умовна можна виділити три режими роботи противикидного обладнання, а саме:

- режим оперативної готовності;
- режим герметизації свердловини при статичному положенні колони труб;
- режим виконання спуско-підйомних операцій під тиском.

В режимі оперативної готовності противикидне обладнання знаходиться у відкритому положенні, що дозволяє виконувати різноманітні технологічні операції з колоною труб та промивання свердловини при її спорудженні. В цей період значний вплив на елементи противикидного обладнання має промивальна рідина, що циркулює в свердловині. В своєму складі вона містить абразивні елементи, хімічні речовини, що є складовими обважнювачів. При спорудженні свердловини з досить великими глибинами промивальна рідина повертається від вибою на поверхню з підвищеною температурою. Всі ці чинники призводять до швидкого «старіння» гумово-технічних виробів противикидного обладнання, а саме ущільнювачів універсальних превенторів та ущільнень плашок плашкових превенторів. Також промивальна рідина виносить на поверхню вибурений шлам із свердловини, що має властивість зашламовувати внутрішні порожнини

універсальних та плашкових превенторів, що в свою чергу перешкоджає закриттю превенторів в аварійних ситуаціях.

В режимі герметизації свердловини елементи превенторів піддаються дії значних внутрішніх тисків, що виникають під превентором в момент закриття свердловини. В цей період ущільнюючі елементи превенторів зазнають значних деформацій при обтисканні елементів бурильної колони або при закритті превентора «на нуль» за відсутності інструменту в свердловині.

Режим виконання спуско-підйомальних операцій під тиском є найбільш екстремальним і стосується впершу чергу універсальних превенторів. При зазначеному режимі ущільнювач універсального превентора повинен не лише забезпечити герметичність при нерухомій бурильній колоні, а й при протягуванні крізь нього як замків так і тіла бурильних труб.

Враховуючи описані вище умови роботи противикидне обладнання досить часто виходить з

ладу. Під час експлуатації обладнання з ладу можуть виходити такі елементи противикидного обладнання: головна система керування, елементи ліній глушіння та дроселювання, плашкові превентори, універсальний превентор, тощо.

Зважаючи на високу роль універсальних превенторів при ліквідації нафтогазопроявлень відмова останніх призводить до надзвичайних аварійних ситуацій на свердловинах, що переростають у викиди, відкриті фонтани, пожежі, вибухи. Наслідки таких аварій можуть призводити до виникненню нещасних випадків на буровій, значних екологічних забруднень навколишнього середовища, великих матеріальних затрат. Яскравим прикладом такої аварії є аварія, що сталася в Мексиканській затоці на глибоководній платформі Deepwater Horizon у квітні 2010 року, однією з основних причин якої була відмова противикидного обладнання, а саме універсального превентора.

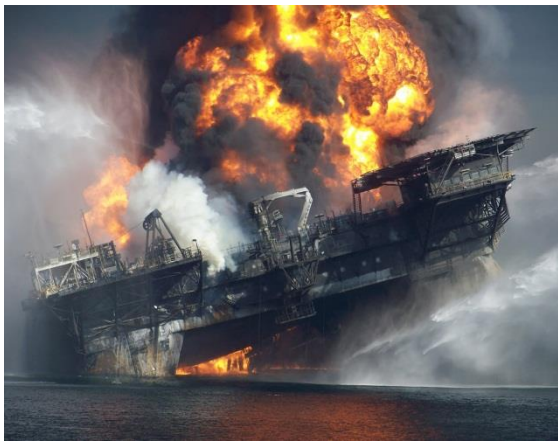


Рисунок 4. Аварія на глибоководній платформі Deepwater Horizon

Відповідно до вище наведеного слід зазначити, що до противикидного обладнання висуваються високі експлуатаційні вимоги, головною з яких є висока експлуатаційна надійність.

Як відомо (DSTU 2860-94) до показників надійності відносяться показники безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збережуваності. Всі, без винятку, перелічені показники надійності в тій чи іншій мірі визначають технічний рівень плашкових і універсальних превенторів. Зупинимось більш детально на показниках довговічності та збережуваності, які суттєво впливають на рівень безпеки при спорудженні та освоєнні нафтогазових свердловин.

Надійність універсального превентора визначається його якістю – комплексом властивостей, які формуються в процесі проектування, забезпечуються при виготовленні та підтримуються в процесі експлуатації. Особливу увагу слід приділяти до якості основного елемента універсального превентора - ущільнювача. Останній повинен: бути стійким до дії різноманітних за хімічним складом нафтичних у свердловині середовищ; мати достатньо високі ресурсні показники;

витримувати великі перепади тисків; мати високу міцність і жорсткість конструкції, в тому числі і в умовах великих деформацій гуми; мати високу еластичність і невеликий рівень залишкових деформацій. Зазначені вимоги до ущільнювача превентора створюють суттєві труднощі при його проектуванні та виготовленні.

У даний час накопичено значний обсяг промислової інформації щодо причин та механізму руйнування ущільнювача. Найбільш характерні причини відмови превентора – розрив внутрішньої поверхні ущільнювача; відрив гуми від арматури; великі залишкові деформації ущільнювача, що призводить до зменшення його прохідного отвору; заклинювання внаслідок забруднення та зашламлення.

Світовий досвід виробництва та експлуатації універсальних превенторів засвідчив, що їх довговічність доцільно характеризувати такими експлуатаційними показниками:

- кількість циклів закриття – відкриття превентора на трубі під тиском;

- кількість циклів закриття – відкриття превентора за відсутності ущільнювальної труби в превенторі (закриття на «нуль»);
- сумарна довжина протягування гладкої труби через закритий превентор під тиском;
- кількість замків/муфт колони труб, які можна протягнути через ущільнювальний елемент під тиском.

Деякі з вказаних показників нормовані, інші визначаються з світового досвіду експлуатації універсальних превенторів. Орієнтовані чисельні значення показників довговічності універсальних превенторів кращих світових фірм-виробників наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Довговічність універсальних превенторів закордонного виробництва

Показник надійності	Універсальні превентори фірм		
	Hydril	Shaffer	Cameron
Кількість циклів закриття на «нуль» при робочому тиску	2	10	3
Кількість циклів закриття на трубі при робочому тиску	300	500	365
Сумарна довжина протягнутих через ущільнювач труб із замками під робочим тиском, м	2200	30000	15000

Розробники та виробники універсальних превенторів набули великого досвіду їх проектування та виготовлення. Кращі зразки превенторів мають достатньо високий технічний рівень, забезпечують значний технічний ресурс ущільнювача. На рисунку 5, б показано зовнішній вигляд відпрацьованого ущільнювача превентора типу Shaffer, який пропустив через себе під тиском 10000 м гладкої труби і 1000 бурових замків.



Рисунок 5. Зовнішній вигляд нового (а) і відпрацьованого (б) ущільнювача превентора фірми Shaffer

Великі ризики руйнування ущільнювача превентора мають місце при виконанні спуско-підймальних операцій під тиском, при розходжуванні бурильної колони. При цьому необхідно дотримуватися двох основних вимог: бурильні труби повинні мати замки із спеціальними фасками для покращання умов їх входження і виходу із ущільнювача; тиск у камері закриття превентора повинен бути мінімальний, але достатній для герметизації трубної колони. Для підвищення надійності ущільнювача при виконанні вказаних операцій постає актуальне питання визначення жорсткісної характеристики ущільнювача, що потребує встановлення закономірності поведінки ущільнювача в процесі його навантаження, вивчення характеру і закону розподілу деформацій і напружень в ньому. Враховуючи те, що ущільнювач – це складна

гумометалева конструкція, яка працює в режимі великих деформацій, розрахунок ущільнювача можливий тільки при використанні нелінійної теорії пружності.

Слід зазначити, що у даний час недостатньо конкретизовано критерії відмови ущільнювача, його нормативні ресурсні показники, що пояснюється, насамперед, різноманітністю умов та режимів експлуатації превенторів. Найпоширенішими критеріями оцінювання придатності ущільнювача є результати візуального контролю, а також випробування на герметичність при робочому тиску.

Як зазначалося вище, універсальний превентор відноситься до категорії обладнання з специфічним режимом роботи. Він повинен постійно перебувати в режимі оперативної готовності. Експлуатаційна придатність ущільнювача може обмежуватися як відпрацьованим ресурсом, так і дією навколишнього середовища, яке призводить до старіння гуми. У процесі старіння погіршується еластичність гуми, підвищується твердість, на поверхні виробу з'являються тріщини.

У зв'язку з наведеним, ущільнювач превентора, який тривалий час не використовувався або був на зберіганні, повинен пройти контроль на твердість поверхні гуми і наявність тріщин на поверхні. Якщо твердість за Шором А вища початкової на 15 і більше одиниць, ущільнювач вважається непридатним до подальшої експлуатації. Номінальні значення твердості нових ущільнювачів універсальних превенторів вказуються в експлуатаційній документації і складають 70-85 одиниць. Замір твердості слід проводити при температурі 20 ÷ 35 °С.

Підприємства-виробники превенторів в експлуатаційних документах дають рекомендації щодо зберігання і експлуатації ущільнювачів. Зазвичай, гарантійний термін складає не більше 3 роки, навіть у тому випадку, коли ущільнювач

зберігався на складі без доступу сонячного світла, на відстані від джерела тепла.

При зберіганні превенторів і ущільнювачів у складських умовах, а також на об'єктах бурових підприємств необхідно дотримуватися загальних вимог щодо зберігання гумових виробів.

3. ВИСНОВКИ

На даний час відомі окремі теоретичні та експериментальні дослідження що стосуються проектування та експлуатації універсальних превенторів.

Однак результати цих досліджень недостатні для реалізації системного підходу до розроблення та освоєння надійних конструкцій універсальних превенторів загалом та їх вузла ущільнення зокрема. Перш за все не має науково-обґрунтованої методики розрахунку геометричних та силових параметрів вузла універсального превентора та ущільнювача, яка б забезпечила герметизаційну здатність превенторів усіх передбачених стандартом типорозмірів. Не вивчено також і вплив геометрії арматури ущільнювача на напружено-деформований стан гуми ущільнювача.

Зважаючи на те, що ущільнювач працює в закритому корпусі і доступу в процесі експлуатації

до нього немає актуальним є питання контролю технічного стану ущільнювача в процесі експлуатації превентора, прогнозування його ресурсу, розроблення відповідних критеріїв оцінки технічного стану.

Отже, забезпечення надійності універсальних превенторів – це комплекс складних науково-технічних задач, вирішення яких дозволить значно підвищити фонтанну безпеку при спорудженні, освоєнні та ремонті нафтогазових свердловин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCE

1. NPAOP 11.1-1.01-08 Pravyla bezpeky u naftohazovydobuvnii promyslovosti Ukrainy.
2. GOST 13862-90 «Oborudovanie protivovybrosovoe. Tipovye skhemy, osnovnye parametry i tekhnicheskie trebovaniya k konstruktzii»
3. GOST 12.2.115-86 Oborudovanie protivovybrosovoe. Trebovaniya bezopasnosti.
4. Kostryba, I., & Shostakivskyi, I. (2014). Humovi tekhnichni vyroby v naftohazovomu obladdnanni (p. 324). Ivano-Frankivsk: IFNTUOG.
5. DSTU 2860-94. Nadiinist tekhniky. Terminy ta vyznachennia .

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Мета. Охарактеризувати сучасний технічний рівень універсальних превенторів та сформулювати основні напрямки підвищення їх надійності.

Методика. Дана робота є постановочною і ґрунтується на аналізі промислової інформації, власних міркувань, вимог діючих в нафтогазовій галузі нормативних документів та інших літературних джерел, що стосуються противикидного обладнання.

Результати. Проаналізовано умови роботи універсальних превенторів, сформовано основні чинники, що впливають на їх надійність.

Наукова новизна. Висунуто ряд науково-технічних проблем, що стосуються проектування, виготовлення та експлуатації універсальних превенторів, сформовано основні напрямки підвищення їх експлуатаційної надійності.

Практична значимість. Виконання зазначених вище завдань дасть можливість підвищити рівень фонтанної безпеки в процесі спорудження, освоєння та ремонту нафтових і газових свердловин.

Ключові слова: противикидне обладнання, надійність, універсальний превентор, герметизація

ABSTRACT (IN RUSSIAN)

Цель. Охарактеризовать современный технический уровень универсальных превенторов и сформировать основные направления повышения их надежности.

Методика. Данная работа является постановочной и основывается на анализе промышленной информации, собственных соображений, требований действующих в нефтегазовой отрасли нормативных документов и других литературных источников, касающихся противовибросового оборудования.

Результаты. Проанализированы условия работы универсальных превенторов, сформированы основные факторы, влияющие на их надежность.

Научная новизна. Выдвинут ряд научно-технических проблем, касающихся проектирования, изготовления и эксплуатации универсальных превенторов, сформированы основные направления повышения их эксплуатационной надежности.

Практическая значимость. Выполнение указанных выше задач позволит повысить уровень фонтанной безопасности в процессе сооружения, освоения и ремонта нефтяных и газовых скважин.

Ключевые слова: противовибросовое оборудование, надежность, универсальный превентор, герметизация

ABOUT AUTHORS

Yurii Mosora, Assistant of the Department of Petroleum and Gas Equipment, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Karpatska st. 15, 76019, Ivano-Frankivsk, Ukraine E-mail: yuramosora@gmail.com

Ivan Kostryba, Candidate of Technical Science, Assistant Lecturer of the Department of Petroleum and Gas Equipment, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Karpatska st. 15, 76019, Ivano-Frankivsk, Ukraine

Michał Bembenek, PhD, Assistant Lecturer of the Department of Manufacturing Systems Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, AGH University of Science and Technology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland, E-mail: bembenek@agh.edu.pl